

Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БГТУ
_____ С.А. Касперович

Регистрационный № УД- _____/р.

МЕХАНИКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:**

**1 – 36 80 06 «Машины, агрегаты и процессы (химическое
и нефтехимическое производство)»**

Факультет химической технологии и техники

Кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств

Лекции – 18 часов

Практические
занятия – 16 часов

Зачет – 1 семестр

Всего аудиторных часов
по дисциплине – 34 часа

Всего часов
по дисциплине – 68 часов

Форма получения второй
ступени высшего образования
очная (дневная)

Составили: П.Е. Вайтехович, доктор технических наук, доцент
Д.И. Мисюля, кандидат технических наук

Учебная программа составлена на основе учебного плана, утвержденного «31» 05. 2013 г., регистрационный номер № 36-2-82/уч., и образовательного стандарта специальности 1 – 36 80 06 «Машины, агрегаты и процессы (химическое и нефтехимическое производство)»

Рецензенты: Ковалев Александр Николаевич, доцент кафедры физикохимии материалов и производственных технологий Белорусского государственного экономического университета, кандидат технических наук, доцент

Кузьмин Владислав Владимирович, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры машин и аппаратов химических и силикатных производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

«12» 11. 2013 г.
протокол № 3

Заведующий кафедрой

_____ П.Е. Вайтехович

Одобрена и рекомендована к утверждению методической комиссией факультета химической технологии и техника.

«13» 11. 2013 г.
протокол № 3

Председатель

_____ П.Е. Вайтехович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Механика многокомпонентных дисперсных сред» направлена на углубление знаний магистрантов по механике многокомпонентных сред в процессах химической технологии. Причем магистранты должны не только получить более глубокие знания, но и научиться применять полученные знания для решения реальных практических задач.

Поскольку вторая ступень высшего образования завершается написанием и защитой магистерской диссертации, то программа дисциплины «Механика многокомпонентных дисперсных сред» максимально приближена к основным научным направлениям кафедры. Магистранты, приступая к работе над диссертацией, должны знать тот научный задел, который создан на кафедре и засвидетельствован в монографиях, диссертационных работах и многочисленных научных публикациях.

Цель дисциплины – изучение аэро- и гидродинамики промышленного оборудования и формирование творческих навыков для решения технических задач.

Для реализации данной цели магистранты обязаны решить следующие задачи:

- провести анализ развития теоретических основ расчета аэро- и гидродинамики промышленных аппаратов;
- изучить современные тенденции анализа аэро- и гидродинамики промышленных аппаратов;
- изучить новые методики и алгоритмы расчета аэро- и гидродинамики оборудования, основанные на углубленном изучении и математическом моделировании технологических процессов;
- приобрести практические навыки решения технических задач механики многокомпонентных дисперсных сред.

В результате изучения дисциплины магистрант специальности 1 – 36 80 06 «Машины, агрегаты и процессы (химическое и нефтехимическое производство)» обязан

знать:

- способы определения аэро- и гидродинамики многокомпонентных дисперсных сред;
- теоретические основы движения жидкой и газовой фаз, а также методики расчета распределения скоростей фаз.

уметь:

- проводить анализ аэро- и гидродинамики оборудования и давать предложения по улучшению распределения скоростей в машинах и аппаратах;
- выбирать наиболее точные и подходящие методики расчета аэро- и гидродинамики промышленных аппаратов;
- отстаивать свою точку зрения на основании научно-обоснованных аргументов.

Поставленные цели и задачи реализуются:

- на лекциях;
- на практических занятиях;
- при выполнении индивидуального задания.

На лекциях рассматриваются:

- теоретические основы механики многокомпонентных дисперсных сред;
- комплексные современные методики и алгоритмы расчета пленочного течения жидкости, а также аэро- и гидродинамики закрученных потоков;

На практических занятиях магистранты закрепляют полученный на лекциях учебный материал и приобретают практические навыки по анализу и расчету аэро- и гидродинамики промышленных аппаратов.

Дисциплина «Механика многокомпонентных дисперсных сред» базируется на естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин первой ступени образования, таких как «Высшая математика», «Теоретическая механика», «Гидравлика, гидромашины и гидропривод», «Процессы и аппараты химических производств», «Машины и аппараты химических производств», «Моделирование и оптимизация технологических процессов».

Учебным планом предусмотрено для изучения дисциплины 68 часов, из которых 34 часа аудиторных. Распределение нагрузки по видам занятий: лекции – 18 часов, практические занятия – 16 часов, самостоятельная работа – 34 часа.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение в дисциплину

Общая характеристика многокомпонентных дисперсных сред. Классификация многокомпонентных дисперсных сред. Обобщенные уравнения, описывающие аэро- и гидродинамику многокомпонентных дисперсных сред.

Раздел 1. Механика сплошных сред

1.1. Основы аэро- и гидродинамики сплошных сред

Физические свойства жидкостей и газов. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Основные характеристики движения жидкостей. Характеристики турбулентного потока. Уравнение неразрывного потока. Дифференциальное уравнение движения Эйлера. Дифференциальное уравнение движения Навье-Стокса. Уравнение Бернулли.

1.2. Аэро- и гидродинамика закрученных потоков

Классификация закрученных потоков. Конструкции завихрителей. Основные аэродинамические характеристики закрученного потока. Интенсив-

ность закрутки потока. Аэродинамическая структура закрученного потока. Профили скоростей и статического давления. Уравнение Навье-Стокса и неразрывности для закрученного потока. Уравнение Рейнольдса для турбулентного закрученного потока. Уравнение движения частиц в закрученном газовом потоке.

1.3. Пленочное течение жидкости

Пленочное течение жидкости по плоской стенке. Кольцевые двухфазные течения. Пленочное течение жидкости под воздействием закрученного газового потока.

1.4. Механика двухфазных потоков

Движение тел в жидкостях и газах. Основные физические явления в двухкомпонентных потоках. Взаимодействие частиц. Скорость и концентрация частиц материала в потоке. Влияние концентрации твердых частиц на аэро- и гидродинамику потоков.

Раздел 2. Механика твердых дисперсных сред

2.1. Структура и структурные связи твердых дисперсных сред

Состав и строение твердых дисперсных сред. Компоненты структуры. Форма и размеры твердых частиц. Гранулометрический состав. Сыпучесть порошкообразных материалов. Взаимодействие между частицами. Механизм компактирования давлением сыпучих материалов. Текстура сыпучих материалов. Анизотропия пористого тела. Физические свойства сыпучих материалов.

2.2. Теория напряжений и деформаций

Непрерывный континуум и понятие о сплошной среде. Напряженно-деформированное состояние в точке. Компоненты напряжений и деформаций. Изменение формы и объема. Разложение тензоров напряжений и деформаций. Инварианты тензоров напряжений, деформаций и скоростей деформаций. Основные дифференциальные уравнения механики сплошных сред.

2.3. Основные закономерности механики и реологии твердых дисперсных сред

Общие закономерности деформирования дисперсных тел давлением. Реологические свойства сыпучих материалов и пористых тел. Предельное состояние твердых дисперсных сред. Контактные силы внешнего трения и адгезионные свойства сыпучих материалов.

2.4. Движение оживленных твердых дисперсных систем

Общие вопросы механики оживленных твердых дисперсных систем. Транспортные устройства с механическим псевдооживлением сыпучего материала. Пневматические транспортные системы с твердой фазой.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер темы занятий	Название раздела, темы занятий; перечисление изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов		Материалы, обеспечивающие занятия	Литература	Форма контроля знаний
		Лек-ции	Практи-ческие занятия			
1	2	3	4	5	6	7
	Введение в дисциплину (1 час)	1				
	1. Общая характеристика многокомпонентных дисперсных сред. 2. Классификация многокомпонентных дисперсных сред. 3. Обобщенные уравнения, описывающие аэро- и гидродинамику многокомпонентных дисперсных сред.	1		Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов. Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.	[1, 6]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением
1	Механика сплошных сред (21 час)	11	10			
1.1	Основы аэро- и гидродинамики сплошных сред: 1. Физические свойства жидкостей и газов. 2. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. 3. Основное уравнение гидростатики. 4. Основные характеристики движения жидкостей. 5. Характеристики турбулентного потока. 6. Уравнение неразрывного потока. 7. Дифференциальное уравнение движения Эйлера. 8. Дифференциальное уравнение движения Навье-Стокса. 9. Уравнение Бернулли.	5	4	Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов. Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.	[1, 6]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением

1	2	3	4	5	6	7
1.2	<p>Аэро- и гидродинамика закрученных потоков:</p> <p>1. Классификация закрученных потоков. Конструкции завихрителей.</p> <p>2. Основные аэродинамические характеристики закрученного потока. Интенсивность закрутки потока.</p> <p>3. Аэродинамическая структура закрученного потока. Профили скоростей и статического давления.</p> <p>4. Уравнение Навье-Стокса и неразрывности для закрученного потока. Уравнение Рейнольдса для турбулентного закрученного потока.</p> <p>5. Уравнение движения частиц в закрученном газовом потоке.</p>	2	2	<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[4, 5, 6, 8]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением
1.3	<p>Пленочное течение жидкости:</p> <p>1. Пленочное течение жидкости по плоской стенке.</p> <p>2. Кольцевые двухфазные течения.</p> <p>3. Пленочное течение жидкости под воздействием закрученного газового потока.</p>	2	2	<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[5, 6, 8]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением
1.4	<p>Механика двухфазных потоков:</p> <p>1. Движение тел в жидкостях и газах.</p> <p>2. Основные физические явления в двухкомпонентных потоках. Взаимодействие частиц.</p> <p>3. Скорость и концентрация частиц материала в потоке.</p> <p>4. Влияние концентрации твердых частиц на аэро- и гидродинамику потоков.</p>	2	2	<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[3]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением
2	Механика твердых дисперсных сред (12 часов)	6	6			
2.1	<p>Структура и структурные связи твердых дисперсных сред:</p> <p>1. Состав и строение твердых дисперсных сред. Компоненты структуры.</p> <p>2. Форма и размеры твердых частиц. Гранулометрический состав. Сыпучесть порошкообразных материалов.</p> <p>4. Взаимодействие между частицами. Механизм компактирования давлением сыпучих материалов.</p> <p>6. Текстура сыпучих материалов. Анизотропия пористого тела. Физические свойства сыпучих материалов.</p>	2	2	<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[2]	Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением

1	2	3	4	5	6	7
2.2	<p>Теория напряжений и деформаций:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Непрерывный континуум и понятие о сплошной среде. 2. Напряженно-деформированное состояние в точке. Компоненты напряжений и деформаций. 3. Изменение формы и объема. 4. Разложение тензоров напряжений и деформаций. 5. Инварианты тензоров напряжений, деформаций и скоростей деформаций. 6. Основные дифференциальные уравнения механики сплошных сред. 	2		<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[2]	<p>Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением</p>
2.3	<p>Основные закономерности механики и реологии твердых дисперсных сред:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общие закономерности деформирования дисперсных тел давлением. 2. Реологические свойства сыпучих материалов и пористых тел. 3. Предельное состояние твердых дисперсных сред. 4. Контактные силы внешнего трения и адгезионные свойства сыпучих материалов. 	2		<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[2]	<p>Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением</p>
2.4	<p>Движение оживленных твердых дисперсных систем:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общие вопросы механики оживленных твердых дисперсных систем. 2. Транспортные устройства с механическим псевдооживлением сыпучего материала. 3. Пневматические транспортные системы с твердой фазой. 		2	<p>Видеоматериалы для мультимедийных проекторов. Раздаточный материал по конструкционному исполнению аппаратов.</p> <p>Индивидуальные задания для решения проблемных задач по уточнению машин и агрегатов.</p>	[2]	<p>Доклад на практических занятиях по каждой части индивидуального задания с дискуссией и обсуждением</p>

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Практические занятия

По первому разделу дисциплины предусмотрено проведение пяти практических занятий, а по второму разделу – двух практических занятий. Основная цель этих занятий – получение практических навыков по расчету аэро- и гидродинамики промышленных аппаратов, применяемых в химической промышленности на основании глубокого анализа теории движения многокомпонентных дисперсных сред и современных методик расчета. В связи с этим, тематика практических занятий по каждому разделу составлена в соответствии с необходимостью достижения поставленной цели.

Примерная тематика практических занятий

1. Постановка задачи по изучению аэро- и гидродинамики аппарата.
2. Новые направления развития в области численного моделирования аэро- и гидродинамики оборудования.
3. Новые технические решения по улучшению аэро- и гидродинамики применяемого оборудования.
4. Новые методики и алгоритмы расчеты аэро- и гидродинамики многокомпонентных дисперсных потоков.
5. Защита индивидуального задания по расчету аэро- и гидродинамики аппарата (машины).

Рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы магистрантов

В качестве самостоятельной работы предлагается углубленное изучение вопросов дисциплины с использованием публикаций отечественных и зарубежных авторов (желательно в оригинале) с обсуждением результатов на занятиях.

Для закрепления теоретических знаний и формирования практических навыков по вопросам механики многокомпонентных дисперсных сред магистрантам может быть предложено выполнение самостоятельной расчетной работы (индивидуального задания) или реферата.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для диагностики магистрантов рекомендуется проводить тестирование, письменные контрольные работы, включающие теоретические вопросы и практические задачи.

Перечисление рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. – 11-е изд., стереотипное и доработанное. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 753 с.
2. Генералов, М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: учебное пособие для вузов / М.Б. Генералов. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 592 с.
3. Гидромеханика двухкомпонентных потоков с твердым полидисперсным веществом / Шрайбер А. А., Милютин В. Н., Яценко В. П.— К.: Наук, думка, 1980.— 252 с.
4. Ахмедов Р.Б. Аэродинамика закрученной струи. – М., 1977 г.
5. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 711 с.
6. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – 5-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978. – 736 с.
7. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: в 2-х кн. / Под. ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Логос. – Высшая школа, 2002. – Кн. 1 – 912 с; Кн. 2 – 872 с.
8. Волк, А.М. Разделение многофазных систем в полях массовых сил / А.М. Волк, В.А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2006. – 216 с.

Дополнительная литература

9. Инженерно-физический журнал. – Журнал РБ.
10. Теоретические основы химической технологии. – Журнал РФ.
11. Механика. – Реферативный журнал, РФ.
12. Химия. – Реферативный журнал, РФ.